

R. GELLINI (\*), P. GROSSONI (\*), F. BUSSOTTI (\*)

STATO ATTUALE DELLE RICERCHE SUL DEPERIMENTO  
DELLA VEGETAZIONE LITORANEA NELLA TENUTA  
DI SAN ROSSORE (PISA) (\*\*)

**Riassunto** — La degradazione delle pinete litoranee raggiunge i valori più elevati nella Tenuta presidenziale di San Rossore dove il disseccamento delle piante si estende fino ad un chilometro dalla linea di costa. Le ricerche indicano che i tensioattivi anionici sono i principali responsabili di tale deterioramento. Vengono riferiti i risultati delle analisi eseguite sia sulle acque superficiali che di pioggia e sugli aghi dei pini. Vengono inoltre riferite alcune ricerche in corso per cercare di diminuire tale stato di degradazione.

**Abstract** — *Present state of researches about coastal pine forest decline of Tenuta di San Rossore (Pisa).* Decline of coastal pine trees is very serious along-shore Park of San Rossore where until 1 Km from coastal line trees are dead or dying. Researches show that this decline is caused by surfactants. This pollutant has been inquired into current and rain waters and on needles pine surface. Attempts to reduce the present deterioration are made.

**Key words** — S. Rossore (Tuscany) - pollution / forest decline.

Molti dei più grossi problemi fitosanitari hanno alla loro origine la degradazione dell'ambiente dovuta principalmente all'inquinamento chimico. Si tratta di situazioni molto diverse fra loro: il pino domestico di San Rossore e l'inquinamento marino da detergenti, il fenomeno delle piogge acide e probabilmente la moria dell'abete bianco a Vallombrosa, l'invasione del ragno rosso dovuta all'uso di fitofarmaci che ne hanno distrutto gli antagonisti, il contenuto in anidride solforosa, fluoro, piombo, ossidi di azoto, etc. nell'aria, che hanno portato notevoli danni alla vegetazione

---

(\*) Istituto di Botanica agraria e forestale dell'Università di Firenze.

(\*\*) Ricerche finanziate con contributi della Direzione generale « Economia montana e Foreste » del Ministero dell'Agricoltura e Foreste.

in Toscana (vedasi Montelupo, Castelfiorentino, Impruneta, Firenze, Empoli, etc.), e, in qualche caso, addirittura alla scomparsa della medesima.

Sono problemi diversi di cui ci stiamo occupando da molti anni, anche se non considerati di stretta pertinenza botanica, e che, nel loro insieme, stanno a denunciare lo stato di pericoloso degrado, anche per la salute umana, in cui versa il nostro territorio.

In questo intervento ci occuperemo della degradazione della pineta litoranea della Tenuta di S. Rossore.

Da parecchi anni la Cattedra di Botanica forestale dell'Università di Firenze ha affrontato con un'indagine sistematica il problema del deperimento delle pinete litoranee toscane che si manifesta con particolare evidenza lungo le coste della Toscana ed ha assunto aspetti di preoccupante gravità nella Tenuta presidenziale di S. Rossore (Pisa).

E' questo un territorio sabbioso boschivo che si estende per circa 5.000 Ha fra i fiumi Arno e Serchio, costituendo un comprensorio eccezionale sotto l'aspetto naturalistico. Infatti la superficialità della falda freatica e la presenza a N-E della fascia costiera di gruppi montuosi creano un ambiente naturale fresco e piovoso in zona mediterranea, con ampie zone paludose, favorevole alla conservazione di specie residue di quella che fu la vegetazione durante il periodo glaciale.

Il progressivo deterioramento della fascia costiera è in atto praticamente da 20-30 anni; esso colpisce principalmente le piante sempreverdi (pino domestico, pino marittimo e leccio) ma non risparmia le specie di latifoglie decidue come pioppi, platani, olmi, frassini, etc. (Fig. 1).

Questa forma di deperimento, che attualmente è diventata una vera e propria ecatombe, sta devastando numerosi altri popolamenti sia di pini che di altre conifere in tutto il mondo specialmente in vicinanza di vaste aree inquinate. Solo per citare alcuni casi ricordiamo i danni subiti dalle pinete dei dintorni di Castel Fusano (Roma) e di Porto Sant'Elpidio (Ancona) (dati non pubblicati), dalle pinete di Marsiglia (DEVEZE e SEGOILLOT, 1978) e la moria dei boschi di Pino di Norfolk (*Araucaria heterophylla*) nei dintorni di Sidney (PITMANN et al., 1977).

Nella prima serie delle nostre ricerche (1967-71), risultò che la causa di questo deperimento era da imputarsi essenzialmente all'azione dei detersivi che, una volta giunti al mare, venivano riportati a terra con gli aerosol e depositati sulle superfici fo-



Fig. 1 - Stato di degradazione della Pineta di San Rossore.

gliari dove penetravano nelle cellule provocando la lisi degli organuli cellulari, probabilmente per attacco delle loro membrane lipoproteiche (Fig. 2).

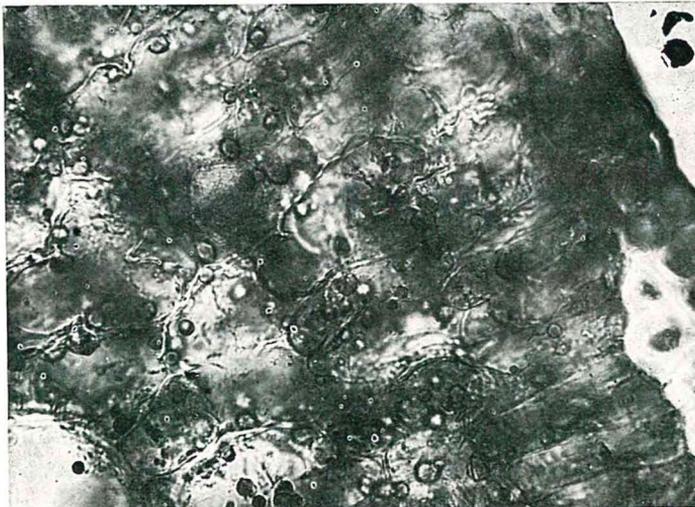


Fig. 2 - Sezione trasversale di ago di pino domestico trattato con tensioattivi. Notare l'accumulo di grosse gocce lipidiche ( $\times 400$ ).

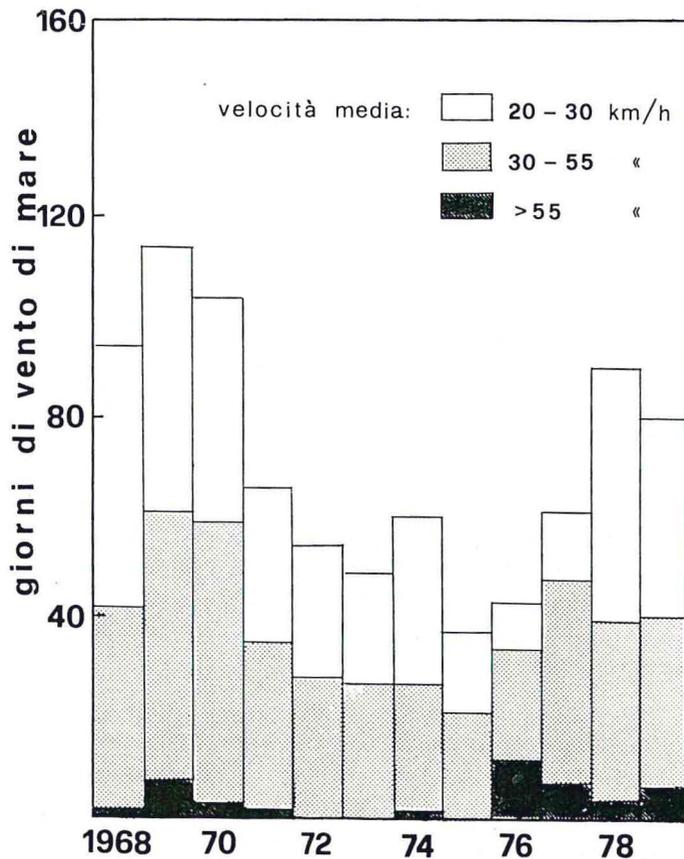
In corrispondenza dell'applicazione della legge del 13.3.1971 che vieta l'uso dei detersivi non biodegradabili, i danni ed il tasso d'inquinamento delle acque superficiali del comprensorio hanno presentato una regressione. Addirittura si poteva notare una ripresa della vegetazione consistente in una promettente rinnovazione del Pino marittimo (Fig. 3).



Fig. 3 - Ripresa e rinnovazione del pino marittimo nel periodo di diminuzione del tasso di inquinamento da tensioattivi.

Tuttavia in questi ultimi anni (a partire dall'autunno del 1976) essi si sono ripresentati più marcati e interessanti una maggiore superficie, non solo del litorale ma anche dell'entroterra pisano e versiliese.

Indagini da noi compiute (GELLINI et al., 1981) hanno permesso di correlare il nuovo incremento dei danni sia con un nuovo aumento dei detersivi nelle acque superficiali, sia con un peggioramento delle condizioni climatiche di questi ultimi anni, peggioramento inteso in particolare come aumento del numero di giornate con forti venti di mare (37 giorni nel 1976 e 61 nel 1977) (Tab. 1).



TAB. 1 - Giornate di vento di mare (foce del fiume Arno) nel periodo 1968-79. (da: GELLINI et al., 1981).

Anche il quadro sintomatologico si presenta diverso rispetto agli anni '60: ad un ingiallimento molto intenso e molto esteso degli aghi, a cui corrispondevano prima delle piccole aree necrotiche, adesso segue un rapido disseccamento delle foglie che appaiono ricoperte di uno strato polveroso che risulta otturare anche le camere prestomatiche.

In altre parole, mentre negli anni '60 il decorso del fenomeno era abbastanza lento, oggi presenta invece un andamento rapidissimo (quello che succedeva in 2 anni oggi succede in un mese), ed interessa marcatamente una superficie molto vasta, della profondità in qualche punto di circa 1 Km, mentre prima la fascia interessata dal degrado era larga 150-200 metri.

Da queste osservazioni è derivata la necessità di ampliare le indagini che in questi ultimi anni sono consistite essenzialmente in:

1) *Determinazione del contenuto in ABS nei corsi d'acqua, nelle acque di pioggia e sulle foglie dei pini*

a) Nei corsi d'acqua superficiali, dopo un periodo in cui il contenuto di tensioattivi è realmente diminuito, le concentrazioni dei medesimi sono tornate sui livelli primitivi. Per spiegare questo fatto si fa notare che l'incremento della pressione demografica ha determinato un aumento della quantità di scarichi. Ciò ha favorito l'instaurarsi di condizioni anaerobiche nei corsi d'acqua, condizioni cioè contrarie alla degradazione biologica dei tensioattivi.

L'origine dei tensioattivi risulta essere di natura prevalentemente domestica e deriva dagli scarichi del settore Nord della città di Pisa, che, tramite il fosso Cuccia per quello che riguarda la frazione di Barbaricina, ed il canale Ozeretto per il centro, vengono convogliati verso il fiume Morto, il quale li scarica a mare proprio nel bel mezzo della Tenuta (Fig. 4).

Al contrario il settore Sud di Pisa scarica nel Canale Navigabile, che raggiunge il mare poco a nord di Livorno.

Pisa non scarica nell'Arno, e in questo fiume così come nel Serchio data la notevole portata e la capacità di autodepurazione, sono state rilevate basse concentrazioni di tensioattivi anionici (tracce non quantificabili per il fiume Serchio, 0,16-0,32 ppm per il fiume Arno). D'altra parte, nel contesto della dinamica dell'arricchimento delle acque marine da parte di questo tipo di inquinanti, non vanno tuttavia trascurate queste concentrazioni (specialmente nel fiume Arno) perché, se rapportate al volume d'acqua, risultano essere quantità tutt'altro che trascurabili.

Nell'indagine compiuta sono stati utilizzati 15 diversi punti di prelievo delle acque superficiali.

In questa comunicazione riferiremo i valori trovati per alcuni punti di prelievo che possono illustrare meglio la situazione.

Fosso Cuccia: presentava concentrazioni medie di tensioattivi intorno a 3 ppm nel 1972; è sceso a concentrazioni inferiori a 1 ppm nel 1975. Nel 1981 è stata rilevata una concentrazione media di 5,53 ppm, con punte fino a 8,7 ppm.

Canale Ozeretto: mancano dati precedenti, ma le rilevazioni effettuate nel corso del 1981 danno un risultato medio di 3,64 ppm

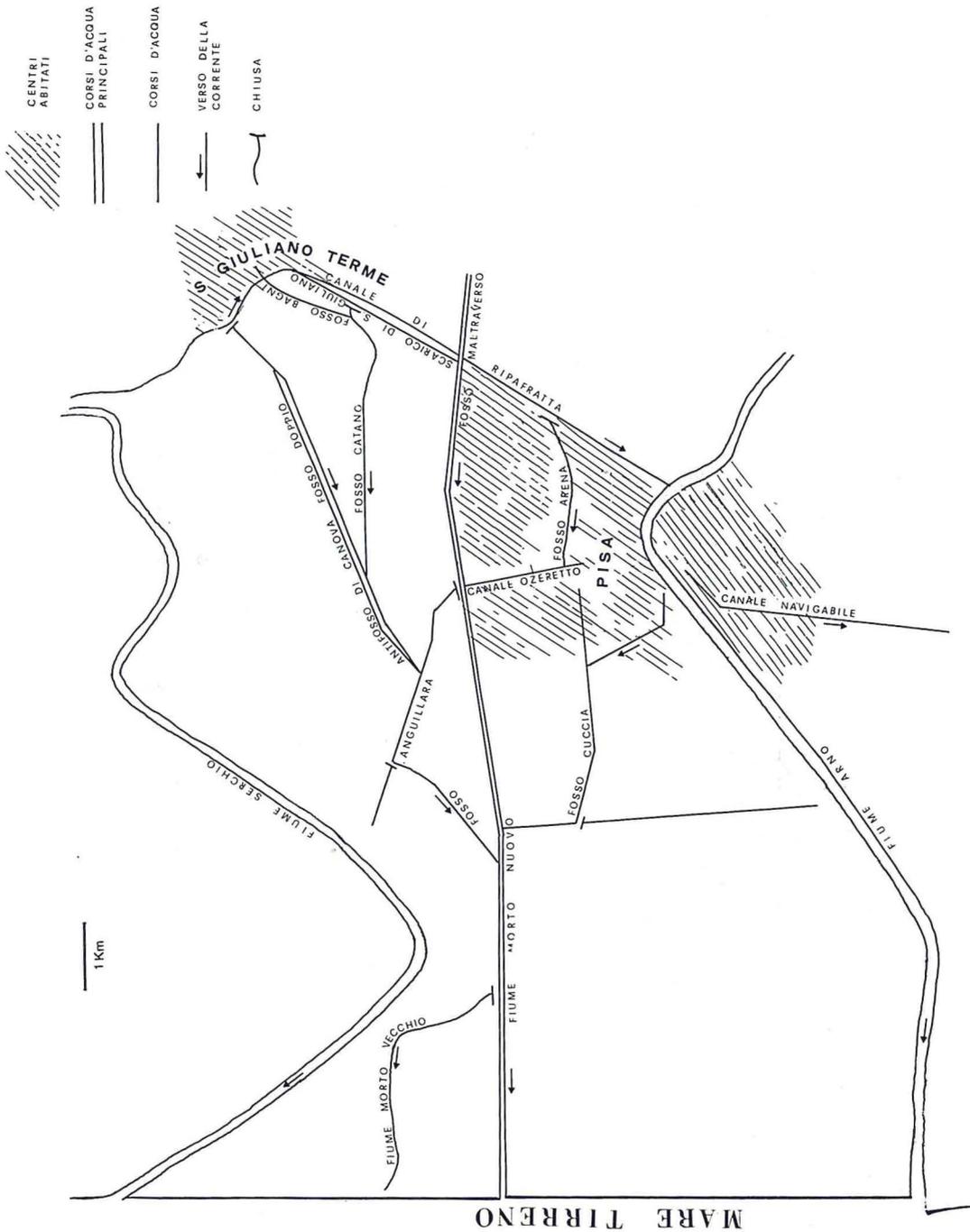


Fig. 4 - Idrografia di S. Rossore e del bacino del Fiume Morto.

con punte di 5,28 ppm. Una rilevazione congiunta su questi due corpi idrici (che, come detto rappresentano i due scarichi di Pisa N.), effettuata con frequenza oraria per determinare la variazione del tenore degli ABS nel corso della giornata, ha messo in evidenza punte massime di 7,5 ppm per il Canale Ozeretto e 11,8 ppm per il Fosso Cuccia verso le ore 19.

Fiume Morto: prima della confluenza con il Canale Ozeretto è relativamente pulito (0,55 ppm nel 1972; 0,05 ppm nel 1975; 0,35 ppm nel 1981), ma rilevazioni eseguite subito a valle della confluenza (Loc. Madonna dell'Acqua (Fig. 5) e sul ponte della Sterpaia (all'inizio della Tenuta) hanno dato i seguenti risultati: rispettivamente 2,43 e 2,11 ppm nel 1972; 0,15 e 0,13 ppm nel 1975; 1,85 e 1,43 ppm nel 1981.



Fig. 5 - Innesso del canale dell'Ozeretto (a destra) nel Fiume Morto.

Comparando i dati del 1972 e 1975 (DEL BONO et al., 1972; 1973; 1975) con quelli del 1981 è ben evidente l'incremento verificatosi negli ultimi anni. Sul fiume Morto gravita anche il Saponificio Lazzeri di S. Giuliano Terme.

Nelle acque di scarico del saponificio (che raggiungono il fiume

Morto tramite il Fosso Anguillara), si sono trovate sempre concentrazioni di tensioattivi superiori a 6 ppm con punte che arrivano a 34,28 ppm. Ad intervalli di alcuni mesi, il lavaggio degli impianti del saponificio provoca delle ondate di massimo inquinamento, durante le quali si hanno vistose morie di pesci su tutto il corso del Fosso Anguillara.

E' interessante notare come gli scarichi del Saponificio Lazzeri influenzino marcatamente il contenuto in tensioattivi del Fosso dell'Anguillara; infatti prelievi compiuti a valle del Saponificio hanno mostrato delle variazioni nel tempo delle concentrazioni molto più ampie che in altre vie di acqua passando da 0 a 11,14 ppm come valori estremi e fluttuando notevolmente all'interno di questo campo.

b) Campioni di acque piovane prelevati in prossimità del mare, hanno dimostrato la presenza di tensioattivi anionici. Questa presenza è tanto più marcata quanto più le piogge subiscono l'influenza dei venti marini, mentre i campioni raccolti in condizioni di vento di terra o lontano dalla costa non contengono tensioattivi o ne contengono solo quantità decisamente minori. Osservazioni effettuate nel 1977 hanno consentito di rilevare, come valori medi, 0,97 ppm di tensioattivi in piogge trasportate da vento di mare, e solo 0,13 in piogge trasportate da vento di terra.

Che l'arricchimento in tensioattivi dell'acqua di pioggia sia dovuto all'aerosol portato dai venti di mare è evidenziato anche dal fatto che prelievi di acque piovane compiuti a 1,5 Km dalla linea di costa (i raccoglitori erano stati posti su una torre di avvistamento per gli incendi, al disopra quindi delle chiome degli alberi) hanno mostrato una sensibile diminuzione (0,06 ppm come media dei valori determinati). Si può quindi affermare che le piogge operino vantaggiosamente per le piante abbattendo rapidamente una notevole quantità di tensioattivi; viceversa, in presenza di vento di mare ed in assenza di piogge sufficientemente forti, l'aerosol inquinato può venire trasportato molto lontano (Figg. 6 e 7).

c) Analizzando lo strato polveroso che si ritrova sugli aghi esposti a mare, si ritrovano sempre forti quantità di tensioattivi, soprattutto dopo l'esposizione a venti di libeccio, mentre le parti riparate presentano sempre quantità decisamente inferiori.

Prendendo come parametro un Kg di aghi (che, secondo valutazioni approssimative sviluppa da 2 a 3,5 mq di superficie), si

sono riscontrate, su aghi esposti, dopo forti libecciate nel mese di dicembre 1981, quantità di detergente variabili da 300 a oltre 500 mg ed un contenuto in cloruro di sodio circa venti volte più elevato rispetto al tensioattivo. In condizioni di mare calmo ed abbondanza

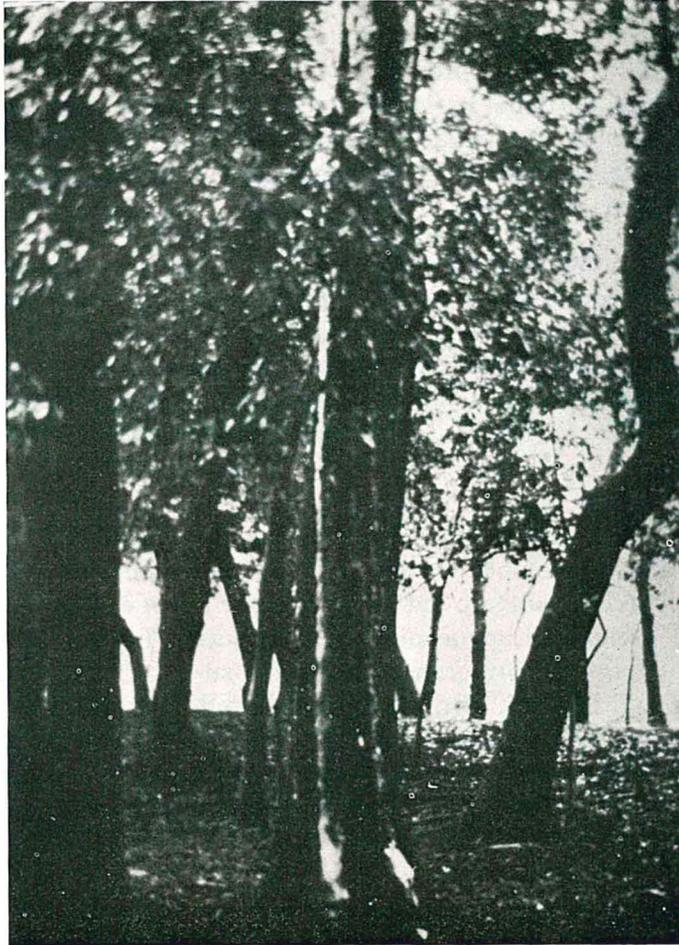


Fig. 6 - Schiume lungo il tronco di un leccio a circa 2 Km dalla linea di costa.

di piogge (che dilavano la patina) i detergenti sono assenti o quasi. E' facile comprendere come, in condizioni di pioviggine, essi possono raggiungere sugli aghi concentrazioni elevatissime.

Durante gli eventi meteorologici prima ricordati, del dicembre 1981, nei controlli eseguiti sulle medesime quantità di aghi delle stesse piante ma cresciuti su rami riparati dai venti di mare si sono riscontrate dosi che vanno da 10 a 50 mg/Kg. Su questo tipo



Fig. 7 - Particolare della figura 6.

di aghi, in condizioni di calma o di piogge abbondanti, i tensioattivi sono invece completamente assenti.

A Massa, dove nell'estate del 1981 si è presentata la medesima

situazione rilevata a San Rossore, abbiamo raccolto su foglie di specie diverse questa polvere che all'analisi è risultata composta da:

NaCl	7,90%
CaCO <sub>3</sub>	58,32%
Tensioattivi	2,70%
Ferro	1,0%
Sabbia fine	20,0%

Il resto (circa il 10%) è costituito da terra e materiale vegetale.

2) *Determinazione della concentrazione minima sicuramente dannosa di ABS*

Da prove di campagna (trattando i Pini domestici con soluzioni contenenti quantità diverse di ABS), si è trovato che i detergenti anionici sono sicuramente dannosi, anche nella loro forma biodegradabile, a concentrazioni di gran lunga inferiori a quelle usate da LAPUCCI et al. (1972) nel loro lavoro. Usati da soli, in soluzione acquosa, essi sono sicuramente dannosi già alla concentrazione di 40 ppm (si manifestano diffusi ingiallimenti qualche settimana dopo i trattamenti), mentre, insieme a 30 g/l di NaCl (la stessa concentrazione presente nell'acqua marina), i danni, assai più evidenti, si hanno anche con quantità di detergente assai più bassa (da 5 a 10 ppm); in questo caso si evidenziano ampie zone necrotiche sugli aghi di 1 anno, e più ancora su quelli di 2. Questi risultati concordano con quelli dei ricercatori australiani (PITMANN et al., 1977), per cui si può confermare l'ipotesi di un sinergismo fra queste due sostanze.

Un altro sinergismo è stato rilevato fra detergenti ed EDTA (uno dei principali additivi dei detersivi commerciali), in questo caso la soglia di tossicità del tensioattivo è stata individuata a 10 ppm.

Ovviamente è possibile che esistano anche sinergismi sia con i componenti dei detersivi commerciali sia con altri inquinanti, tuttavia questa ipotesi è ancora da verificare per via sperimentale.

Da queste prove risulta che le concentrazioni tossiche dei tensioattivi anionici, sia soli che combinati, sono molto inferiori a quelle riscontrate nella patina che ricopre gli aghi esposti e ciò spiega ulteriormente la gravità e la rapidità con cui questo tipo di inquinamento aggredisce il bosco e lo distrugge.

### 3) *Ricerca di sostanze capaci di proteggere la vegetazione*

Alcune ditte produttrici di antitraspiranti presentano i loro prodotti anche come efficaci protezioni contro l'aerosol marino anche inquinato.

Abbiamo saggiato due di questi prodotti (« Vapor Gard » della Chimiberg, a base di pinolene, e « Dunstol » della Aagrunol Staher, a base di copolimeri dell'acetato di vinile) su piccoli pini direttamente esposti verso il mare alle concentrazioni indicate dai fabbricanti.

I risultati sono stati completamente negativi: gli antitraspiranti si sono rivelati inefficaci. Si ripeteranno le prove con diverse concentrazioni, diverse modalità di somministrazione, e con nuovi formulati.

### 4) *Ricerca di piante resistenti e di piante disinquinanti*

Per ricercare piante resistenti agli aerosol si sono trattate con forti concentrazioni di detersivi (5 g/l), con l'aggiunta di NaCl (30 g/l), molte piante della macchia e del sottobosco. L'attenzione è per ora rivolta alle specie arbustive a foglia coriacea; ci sono delle indicazioni promettenti, ma prima di dare dei risultati è necessario eseguire altre prove.

Per quanto riguarda la sperimentazione di piante acquatiche disinquinanti, risultati particolarmente interessanti riguardo alla rimozione di metalli pesanti sono stati ottenuti con esemplari raccolti negli specchi d'acqua della Tenuta di San Rossore, specie in particolare positive sono risultate *Azolla caroliniana*, *Lemna minor* e *Iris pseudacorus* (GELLINI e BARBOLANI PICCARDI, 1981).

Si può ampliare lo studio sia nei confronti di altre specie (piante superiori ed alghe) sia di altre sostanze, fino a comprendere, oltre ai metalli pesanti, anche sostanze organiche e detersivi.

Per cercare di risolvere questi problemi è necessario comprendere meglio le relazioni che intercorrono fra tasso d'inquinamento, fattori climatici ed estensione dei danni, e contemporaneamente studiare i detersivi formulati della nuova generazione (che contengono coadiuvanti ed eccipienti di cui non conosciamo l'effetto sulle piante), le modalità di attacco verso i tessuti vegetali e la possibilità di difesa delle nostre pinete.

Sorge quindi la necessità non solo di capire meglio il meccanismo di azione dei composti contenuti nei prodotti commerciali

(detergenti, azzurranti, complessanti ed eccipienti vari), ma anche di individuare sia specie che individui resistenti, sia idrofite indigene capaci di abbassare il livello degli inquinanti delle acque superficiali. Si vogliono altresì studiare le possibili applicazioni delle foto aeree e delle foto all'infrarosso per la mappatura dei danni, e per previsione dei medesimi prima che si manifestino ad occhio nudo.

Data la complessità e l'importanza del fenomeno, si auspica che le ricerche che vengono intraprese a San Rossore siano meglio coordinate fra loro per poter contribuire efficacemente alla conoscenza ed alla soluzione di questo problema che è nostro, ma come abbiamo già detto, sta rapidamente interessando tutte le zone fortemente urbanizzate e industrializzate su tutte le coste del mondo.

#### BIBLIOGRAFIA

- DEL BONO G., SIVIERI BUGGIANI S., PELLEGRINI S. (1972) - Sull'inquinamento da detergenti anionici dei principali corsi d'acqua della Tenuta di San Rossore. *Ann. Fac. Med. Veter.*, **25**, 1-19.
- DEL BONO G., PELLEGRINI S., RINDI S., SIVIERI BUGGIANI S. (1973) - Ulteriori indagini sullo stato d'inquinamento dei corsi d'acqua della Tenuta Presidenziale di San Rossore (Pisa). *Ann. Fac. Med. Veter.*, **26**, 306-322.
- DEL BONO G., RINDI S., SIVIERI BUGGIANI S. (1975) - Inquinamento ambientale nella Tenuta di San Rossore. *Ann. Fac. Med. Veter.*, **28**, 299-324.
- DEVEZE L., SEGOILLOT J. C. (1978) - Les arbres malades de la mer. *Aménag. region Provençale*, **19**, 13-24.
- GELLINI R., BARBOLANI PICCARDI E. (1981) - Sulle possibilità di assorbimento di metalli pesanti da parte di alcune piante acquatiche. Nota preliminare. *Inquinamento*, **23** (2): 45-46.
- GELLINI R., PANTANI F., BUSSOTTI F., RACANELLI E. (1981) - Sulla degradazione della vegetazione litoranea nella Tenuta presidenziale di San Rossore. *Inquinamento*, **23** (10), 27-30.
- LAPUCCI P. L., GELLINI R., PAIERO P. (1972) - Contaminazione chimica dell'acqua marina quale causa di moria dei pini lungo le coste tirreniche. *Ann. Accad. Scienze Forestali*, **21**, 323-358.
- PITMANN M. G., DOWDEN H. G., HUMPHREYS F. R., LAMBERT M. J., SCHELTEMA J. H. (1977) - The outfall connection. *Austral. Nat. Hist.*, **79**, 74-81.

(ms. pres. il 15 marzo 1982; ult. bozze il 20 marzo 1983)